

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



**Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de
Telecomunicación**

TRABAJO FIN DE GRADO

**Diseño y documentación de PCB para su aplicación en
prácticas de electrónica**

**Álvaro Espinosa Guijarro
Tutor: Javier Garrido Salas
JULIO 2017**

Diseño y documentación de PCB para su aplicación en prácticas de electrónica

AUTOR: Álvaro Espinosa Guijarro
TUTOR: Javier Garrido Salas

HCTLab
Hardware & Control Technology Laboratory

Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid

Julio de 2017

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer la confianza depositada por mi tutor Javier Garrido. Sé que para él no ha sido fácil lidiar conmigo. Muchas gracias por darme la oportunidad de haber realizado este trabajo y formar parte del HCTLab.

Gracias a mi familia, que nunca dejó de creer.

Gracias a mis compañeros que me han estado apoyando durante todo este tiempo y con los que he compartido momentos increíbles dentro y fuera de la Universidad: Raquel, Miriam, Ester, María, David, Jaime, Rubén, Carlos, Javier, Gonzalo, ...

Gracias a todos los profesores que con su trabajo consiguieron transmitirnos la pasión por esta carrera.

Gracias a mis amigos de toda la vida, con los que he compartido mis penas y glorias durante estos años.

Resumen

En este trabajo fin de grado, se describe el proceso de documentación, interpretación y desarrollo sobre un conjunto de sensores comerciales especialmente diseñados para ser programados en el entorno de desarrollo de Arduino.

Los sensores electrónicos, capaces de recoger magnitudes físicas o químicas y transformarlas en una señal eléctrica para su posterior interpretación, son parte esencial del futuro en las telecomunicaciones.

Partiendo de cero, con total desconocimiento sobre los sensores a describir y con la única experiencia sobre circuitos impresos adquirida en la asignatura de ampliación de electrónica, se ha procedido a realizar un estudio que permitiera describir hasta la medida de lo posible los citados sensores. Tras la identificación, también se ha trabajado sobre algunos de ellos, llegando a implementarlos para su posible fabricación en la herramienta software para fabricación de circuitos Altium Designer. El aprendizaje y desarrollo sobre ésta herramienta también han formado parte del trabajo.

Palabras clave

Robótica, Sensor Electrónico, Arduino, Diseño Altium, Placa de Circuito Impreso, PCB.

Abstract

In this Bachelor Thesis, it's described the documentation, interpretation and developmental process of a sensor box specially designed to be programmed into the Arduino environment.

Electronic sensors, able to collect physical or chemical magnitudes and transform them into an electrical signal for its further interpretation, are an essential part of the future in telecommunications.

Starting from scratch, without knowledge about the sensors to describe and the only experience about printed circuits acquired in the course of Expansion of Electronics, I proceeded to implement a study that would allow to describe as far as possible the mentioned sensors. After the identification, I was also working on some of them, implementing the design with the printed circuit boards software tool Altium Designer, in order to manufacture these sensors in a future. Learning and the development of this tool have also been part of the work.

Keywords

Robotics, Electronic Sensor, Arduino, Altium Designer, Printed Circuit Board, PCB.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	1
1.1	Motivación.....	2
1.2	Objetivos.....	3
1.3	Organización de la memoria.....	4
2	Estado del arte	5
2.1	Sensores aplicados a la robótica	5
2.2	Características básicas de los sensores	6
2.2.1	Características estáticas	7
2.2.2	Características dinámicas.....	8
3	Metodología y Resultados del TFG.....	9
3.1	Metodología.....	9
3.1.1	Proceso de identificación de los módulos.....	9
3.1.2	Proceso de reproducción de los módulos.....	14
3.1.3	Módulo: Sensor de llama	15
3.1.4	Módulo: Sensor de temperatura:.....	18
3.2	Resultados.....	20
4	Dedicación y Conclusiones	22
4.1	Tabla de horarios	22
4.2	Conclusiones.....	23
	Referencias	25
	Glosario	27
	Anexos.....	- 1 -
A	Especificaciones de algunos sensores importantes.....	- 1 -
B	Sensores Hall.....	- 9 -
C	Código en Arduino	- 13 -
	Sensor de Llama	- 13 -
	Sensor de temperatura DS1820	- 14 -
D	Pinout, mechanical data y huella del LM393.....	- 17 -

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Kit de sensores Keyes.....	1
Figura 2.1: Robot soldador industrial.....	6
Figura 2.2: Diagrama de salida de un sensor.....	7
Figura 3.1: Módulo sensor de tacto.....	12
Figura 3.2: LM393.....	12
Figura 3.3: Sensor de inclinación digital.....	13
Figura 3.4: Circuito multivibrador.....	14
Figura 3.5: Sensor detector de llama.....	15
Figura 3.6: Esquemático del sensor llama.....	17
Figura 3.7: PCB del sensor llama.....	17
Figura 3.8: Sensor de temperatura.....	18
Figura 3.9: Esquemático del sensor de temperatura.....	19
Figura 3.10: PCB del sensor de temperatura.....	20
Figura A.1: Sensor de vibración.....	- 1 -
Figura A.2: Sensor de magnético.....	- 2 -
Figura A.3: Sensor de temperatura y humedad.....	- 3 -
Figura A.4: Sensor de micrófono sensible.....	- 4 -
Figura A.5: Sensor de contacto.....	- 5 -
Figura A.6: Sensor de sonido.....	- 6 -
Figura A.7: Sensor emisor y receptor de infrarrojos.....	- 7 -
Figura A.8: Sensor de pulso cardiaco.....	- 8 -

INDICE DE TABLAS

Tabla 4.1: Horas dedicadas al trabajo.....	22
--	----

Introducción

Todos los sistemas electrónicos que tenemos a nuestro alrededor, y especialmente los utilizados en el campo de las telecomunicaciones han evolucionado exponencialmente en los últimos años. Las nuevas tecnologías de la información y la inteligencia artificial han adquirido una nueva dimensión consiguiendo hacerse imprescindibles en nuestro día a día. Este avance ha permitido el desarrollo de la circuitería a escala microscópica, estableciendo así un confort entre funcionalidad y tamaño.

Es el caso de los sensores electrónicos, dónde la reducción de tamaño permite incorporarlos en dispositivos más sofisticados que se alimentan de ellos para su funcionamiento. A día de hoy tenemos todo tipo de sensores: temperatura, detectores de movimiento, sensores de presión, magnéticos... Y los podemos encontrar en sitios tan comunes como nuestro coche, nuestra nevera, calculadora o en el mismo Smartphone.

Este TFG trata sobre la comprensión, documentación y uso de algunos de estos sensores, para su posible utilización en prácticas de electrónica de la Escuela Politécnica Superior en la Universidad Autónoma de Madrid. Así mismo, se trabajará con la herramienta Altium Designer disponible en los laboratorios de la universidad para el diseño y reproducción de alguno de los circuitos de los sensores.

En concreto se parte de un kit con 37 sensores de la marca Keyes comprado por internet por parte del HCTLab, y del cual no se dispone de ningún tipo de información. Los sensores vienen sin ninguna catalogación y es parte de este trabajo identificarlos.

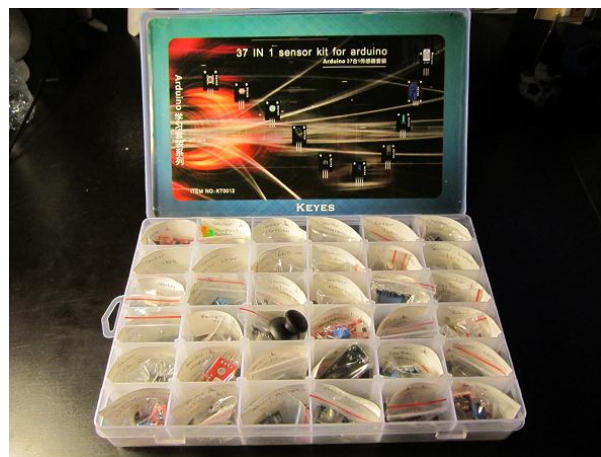


Figura 1.1: Kit de sensores Keyes

Cada PCB está formado por distintos componentes, generalmente un conjunto de componentes pasivos (condensadores y resistencias) y un sensor que es el que recoge las medidas físicas y los correspondientes pines para la conexión con el exterior, en este caso para su posterior interpretación desde una placa de Arduino. En este TFG se ha utilizado como elemento procesador una placa de Arduino Leonardo, la cual dispone de 20 entradas/salidas digitales y una conexión micro USB para adaptarla al PC.

Motivación

Actualmente, existen multitud de sensores que usamos a diario en distintos dispositivos electrónicos. Sensores de temperatura, proximidad, luz, posición, acelerómetros, etc...

Dada la importancia que ha tomado la medición de algunas magnitudes tales como la temperatura, la intensidad de la luz, o vibraciones generadas por distintas fuentes, resulta interesante desarrollar circuitos electrónicos que contengan alguno de estos señores que sean capaces de captarlas.

En general, los sensores detectan variaciones de la magnitud física o química a medir y generan una variación en alguno de los parámetros eléctricos en su salida, la tensión, la corriente o la resistencia. Su funcionamiento se basa en las propiedades materiales que conforman el propio sensor. Observando las variaciones que se producen en sus propiedades se puede llegar a interpretar el cambio en la magnitud medida y obtener los datos deseados.

Por ejemplo, en un sensor fotorresistor LDR, la resistencia de sulfuro de cadmio de la fotocelda se ve modificada conforme a la variación de la luz. A mayor luminosidad, mayor es su conductividad.

Para el caso de este trabajo, de cara al diseño del PCB (*Printed Circuit Board*) del circuito electrónico que se construya, está previsto que la salida de los distintos sensores que se utilicen, sea recogida por una plataforma Arduino-Leonardo, en la que, gracias a una adecuada programación, se pueden interpretar las variaciones registradas y tomar las medidas de actuación que se precisen sobre el sistema controlado.

En este trabajo se facilita la información necesaria para empezar a trabajar con sensores electrónicos en los laboratorios y se establecen las pautas para la fabricación de algunos de ellos a partir de cero. Así mismo se muestra que el coste de estos dispositivos es muy bajo,

y que con la información que a partir de este TFG se ha generado, podrían utilizarse estos circuitos sensores al proceso de aprendizaje en las asignaturas que así lo precisen, ya sea en el Grado en ITST o en el Máster Universitario de Ingeniería de Telecomunicación.

Un alumno con los conocimientos mínimos en electrónica analógica y digital sería capaz de escoger uno de los sensores que se tratan para diseñar un circuito que se ajuste a sus necesidades, fabricarlo y entender cómo funciona a partir de sus componentes. Esto permitiría reforzar lo aprendido en las asignaturas de circuitos, con el añadido de tener que llegar a comprender como interactúan los componentes del sensor con una placa de Arduino.

Se especifica la información sobre la fabricación en Altium Designer de estos módulos en el Capítulo 3, donde a partir de 2 ejemplos se desarrolla el proceso de diseño de los mismos.

Objetivos

Los objetivos principales de este trabajo fin de grado son:

- Se parte de un kit de sensores del que no se dispone de descripción alguna. El primer objetivo consiste en identificar la funcionalidad de los 37 módulos sensores del kit.
- Una vez identificados, se desarrollará una búsqueda bibliográfica que permitirá describir todos sus componentes, activos y pasivos, así como el diagrama de bloques, *layout*, de la arquitectura del circuito de medida. La información sobre cada módulo permitirá tener una idea de la complejidad y del precio del mismo de cara a su posible fabricación posterior.
- Diseño y reproducción en Altium de alguno de los modelos con sus correspondientes esquemáticos y layouts. Para el proceso de construcción de los módulos seleccionados, se aprenderá a manejar la herramienta de diseño de circuitos Altium Designer.

Se desarrollarán pruebas en código Arduino para verificar el comportamiento de algunos de los módulos seleccionados.

Organización de la memoria

La memoria se distribuye en los siguientes capítulos:

En el **Capítulo 1**, se desarrolla la introducción, motivación del TFG y objetivos que se persiguen.

En el **Capítulo 2**, se desarrolla un pequeño estado del arte, en donde se manifiesta la relevancia que los sistemas sensores y su aplicación a la robótica han alcanzado hoy en día, justificando la importancia que deben estos sistemas en la formación académica de cualquier individuo, en la sociedad actual, y no necesariamente sólo en la etapa de la educación superior.

En el **Capítulo 3**, se describe la parte central del TFG, resaltando la metodología utilizada en el desarrollo de este TFG, en concreto se describen con dos ejemplos de sensores concretos, los pasos dados para su identificación, implementación y pruebas. Finalmente se describen los resultados obtenidos.

En el **Capítulo 4** se muestra una tabla de horarios con los tiempos dedicados al trabajo y un resumen con las conclusiones del mismo.

Estado del arte

Sensores aplicados a la robótica

Por definición, un robot es un sistema electromecánico capaz de interactuar con el entorno. Si además tiene movilidad, deberá ser capaz de adecuar sus movimientos y todas sus acciones de interacción en función de las características físicas del ambiente en el que se encuentre. El uso de robots con movilidad se aplica a entornos en los que se realizan tareas molestas o arriesgadas para el ser humano.

Si se quiere lograr esa capacidad de adaptación al medio, es fundamental que el robot tenga un mínimo conocimiento del entorno. Así como los seres vivos disponemos de un sistema sensorial responsable de procesar la información proveniente del medio ambiente, los robots necesitan de los sensores para saber dónde están, cómo es su entorno, condiciones físicas a las que deben enfrentarse. La reacción con el medio ambiente es lo que se denomina inteligencia artificial. El grado de autonomía que puede alcanzar el robot dependerá de la eficiencia del proceso multisensorial y de la integración de la información.

Para lograr estos objetivos, se utilizan diversos tipos de sensores con distinto nivel de complejidad según las magnitudes físicas o químicas que deban medir.

Existen 2 tipos de sensores en robótica:

- ✓ Sensores propioceptivos.
- ✓ Sensores exteroceptivos.

Los sensores propioceptivos son los que miden variables internas del robot. La propiocepción se refiere a la percepción del estado interno del sistema robótico. Este tipo de sensores son frecuentemente acelerómetros o giróscopos, los que detectan la temperatura de un motor, o los que advierten del mal funcionamiento de un componente.

Los sensores exteroceptivos son los que miden aspectos externos al robot. La temperatura ambiente, la presión o localización de los objetos son algunas de las medidas que realizan. Los sensores ópticos son muy utilizados en aplicaciones industriales.



Figura 2.1: Robot soldador industrial

Además, los sensores se clasifican en sensores analógicos y sensores digitales.

Los sensores analógicos son aquellos que pueden entregar una salida variable dentro de un determinado rango. Un fotorresistor, por ejemplo, puede ser cableado en un circuito que interprete sus variaciones y entregar una salida variable de tensión con valores entre 0 y 5 voltios.

Los sensores digitales son aquellos que entregan a su salida una señal de tipo discreta. La salida discreta está definida dentro de un determinado rango, pero la variación se produce en pequeños pasos preestablecidos o cuantificados.

En general, la elección de un sensor para una determinada aplicación en robótica móvil dependerá en gran parte de qué tipo de magnitud será medida. Tanto las características del fenómeno a medir, como el rango de la medida o la dinámica del funcionamiento del sensor serán un factor importante a la hora de elegir el más adecuado.

No obstante, la elección del sensor en procesos industriales también se verá afectada por factores económicos, precisión o resolución requerida para un trabajo específico.

Características básicas de los sensores:

Los sensores hacen posible la observación de los fenómenos y su cuantificación, sin embargo, no son ideales. Tienen una serie de limitaciones que debemos tener en cuenta para determinar si afectan de alguna manera a las medidas que están tomando.

Las características de los sensores pueden ser de dos tipos:

- Estáticas: Nos da la respuesta del sensor independientemente del tiempo. $Y = f(x)$.

Dentro de las estáticas se encuentran la calibración, la precisión, la resolución o la exactitud.

- Dinámicas: A cualquier frecuencia $Y(t) = f(x(t))$.

Son características dinámicas el tiempo de respuesta, tiempo de establecimiento y la deriva.

2.2.1 Características estáticas:

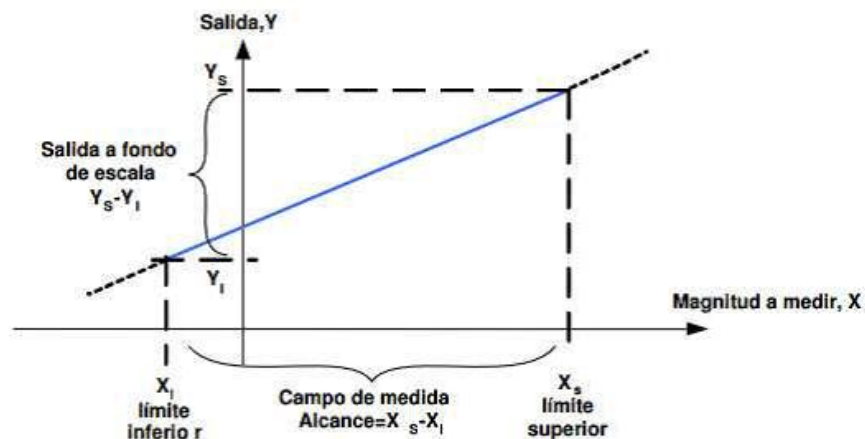


Figura 2.2: Diagrama de salida de un sensor

- Curva de calibración. Es la relación entre la entrada del sensor y su correspondiente salida. Es la curva que une los puntos obtenidos aplicando sucesivos valores de la magnitud de entrada.
- Campo de medida o rango. El conjunto de valores que puede leer.
- Alcance. Es la diferencia entre el valor superior e inferior del campo de medida.
- Resolución. Cambio mínimo del sensor. Capacidad de distinguir valores próximos en la escala de salida.
- Exactitud. Lo cerca que está el valor que da el sensor del valor real. Normalmente este valor se da en %.
- Sensibilidad. La sensibilidad es la pendiente de la curva de calibración. Si manejamos una curva como función de salida la sensibilidad es una derivada. Sin embargo, si la función es una recta la sensibilidad es constante y se dice que el sensor es lineal.
- Linealidad: Aproximación de la zona útil a una recta.

- **Precisión.** Capacidad del sensor de no verse afectado por variaciones externas. Un sensor es exacto si nos da datos muy repetidos. Es decir, que tiene repetitividad para una misma medida.
- **Histéresis.** Cuando un mismo valor de salida puede corresponder a dos mismos valores de entrada en función del valor anterior. Es una característica que ocurre en sensores mecánicos, no en digitales.

2.2.2 Características dinámicas:

Las características dinámicas de un sistema de medida describen su comportamiento ante una entrada variable:

- **Velocidad de respuesta.** Mide la capacidad del sensor para determinar la señal de salida a partir de la señal de entrada.
- **Respuesta en frecuencia:** Mide la capacidad del sensor para sensor la señal de entrada en función de la frecuencia.
- **Estabilidad.** Indica la desviación del sensor con respecto al valor teórico dado al variar parámetros exteriores diferentes al que se quiere medir (condiciones ambientales, por ejemplo).

El comportamiento dinámico de un sensor viene descrito por su función de transferencia. En ocasiones el fabricante no proporciona todas las especificaciones dinámicas ya que la respuesta que pueda tener el sensor dependerá además de sus características, de la forma en la que esté siendo utilizado.

Tanto las características estáticas como las dinámicas deberán ser tenidas en cuenta a la hora de elegir un sensor para una función determinada en el sistema robótico en el que se encuentren y la tarea que tenga que realizar.

De cara a la integración de los sensores, no es fácil la fusión de la información entre ellos. Diferentes sensores devuelven distintos tipos de información y adaptarla suele requerir gran capacidad de procesamiento. Es en este campo neuronal de procesamiento de la información recibida, donde actualmente se realizan las investigaciones más importantes con vistas al futuro.

Metodología y Resultados del TFG

Metodología

Como ya se ha mencionado, el punto de partida era una caja de 37 módulos sensores especialmente diseñados para trabajar sobre Arduino. Aunque este tipo de dispositivos cada vez es más común y accesible para cualquiera de nosotros, la información que existe acerca de ellos aún es escasa.

Sin embargo, existen distintos sitios web dedicados al mundo de este tipo de sensores con gran cantidad de aportes en diseños muy específicos por parte de la comunidad. En este tipo de web, podemos encontrar toda la información necesaria para catalogar la gran mayoría de sensores existentes. En algunas de ellas incluso se puede acceder a los datasheet de alguno de los componentes más importantes de cada módulo o a las librerías necesarias para la implementación del circuito en Altium. A continuación, se detalla cómo se ha realizado el proceso de identificación paso a paso.

Proceso de identificación de los módulos

En primer lugar, se ha tenido que buscar información sobre qué tipo de sensores eran los más comunes asociados a una placa procesadora de Arduino. Realizando una búsqueda por distintos portales de compra en internet se consigue una lista con todos los sensores de los que dispone el Kit de la marca Keyes:

- Módulo sensor de temperatura
- Detector de vibración
- Módulo sensor magnético tipo Hall
- Interruptor
- Sensor emisor de infrarrojos
- Módulo sensor de timbre pasivo
- Laser

- LED SMD RGB
- Sensor óptico
- Módulo LED de 2 colores
- Módulo de bocina activa
- Sensor de temperatura
- Sensor de temperatura y humedad
- LED de 3 colores
- Interruptor de mercurio
- Fotorresistor
- Modulo Relé a 5V
- Sensor de inclinación digital
- Módulo magnético
- Sensor receptor de infrarrojos
- Joystick
- Sensor magnético Hall lineal
- Sensor magnético de caña
- Sensor de llama
- LED colores
- Sensor de temperatura 2
- LED 2 colores
- Sensor de choque
- Sensor evita obstáculos
- Sensor Hunt
- LED de flash automático
- Sensor magnético Bihor
- Sensor táctil

- Micrófono sensible
- Micrófono
- Sensor de latidos
- Sensor de rotación

En muchos de ellos ha sido sencillo determinar a simple vista cuáles son. Con esta lista en mano se han ido descartando algunos de ellos. Los fotodiodos o los que, por ejemplo tienen un micrófono, son bastante comunes en Internet y se han encontrado modelos idénticos a los que se tienen en el kit.

En el mercado, los más abundantes son los sensores que llevan incorporados algún tipo de comparador de tensiones como los detectores de sonido, sensores Hall magnéticos, detectores de infrarrojos o de temperatura.

En general, todos tienen una disposición parecida:

- 3 o 4 conectores a la entrada que establecen las entradas de tensión (5V) y tierra (GND), y las salidas analógicas o digitales.
- Un potenciómetro para ajustar la sensibilidad del sensor.
- Resistencias protectoras y de polarización generalmente SMD.
- 1 Comparador de tensión.
- LEDs de aviso o conexión ON.

Lo primero que llama la atención al observar cada módulo, es si dispone de 3 o 4 conectores macho. Si sólo tiene 3 quiere decir que el sensor está diseñado para devolver una única señal analógica procedente del sensor. Para el caso de 4 se tienen dos salidas: una digital (DO) y otra analógica (AO). Los otros 2 conectores siempre son entradas de alimentación y tierra. Estos circuitos se alimentan todos con 5 Voltios.

Los PCB's que manejamos son de 2 capas: una superior y otra inferior. Por ello es relativamente sencillo identificar sus pistas y componentes superficiales. La clave para distinguir un módulo de otro es el componente que hace de sensor. Normalmente se trata de un LDR, un LED, un micro, etc. Con dos patas de THT como se puede ver en la figura 4.

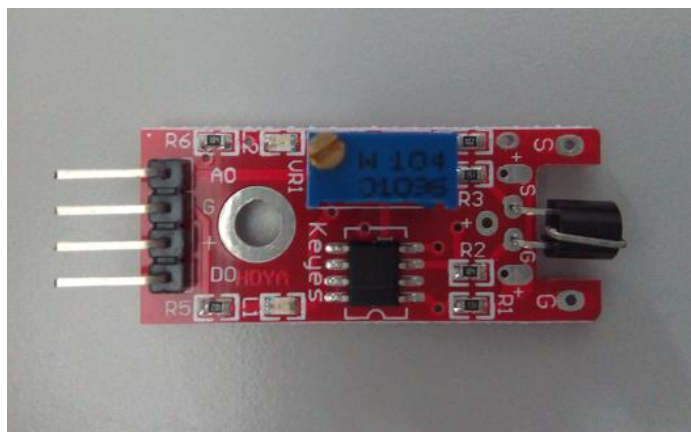


Figura 3.1: Módulo sensor de tacto

Para el kit de sensores, se dispone de un mismo modelo de circuito que comparten 7 de los módulos (figura 4). Todos ellos se diferencian por el último componente. En este diseño el encapsulado más destacable es el comparador de tensión. En concreto, estos módulos llevan un LM393:

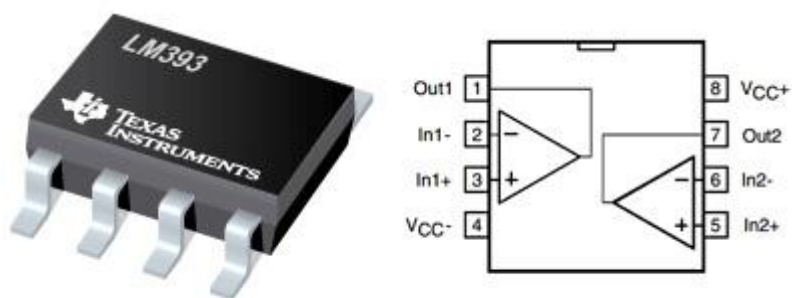


Figura 3.2: LM393

Estos dispositivos, internamente constan de un doble comparador de voltaje y están diseñados para trabajar con una única entrada de alimentación. Su función es la de confrontar dos tensiones obteniendo dos posibles situaciones que se corresponden a los niveles de alto o bajo. Mientras la diferencia de tensión entre las dos entradas de los comparadores se encuentre entre 2 y 36V se podrá obtener el resultado esperado. Si la tensión de entrada en el borne positivo del primer comparador es mayor que la tensión de entrada en el borne negativo del comparador 2, la salida será igual a la tensión de alimentación Vcc. Precisamente este comportamiento es el que se aprovecha en Arduino para establecer las distintas posibilidades que ofrece el sensor mediante el código. El consumo de corriente es independiente de las tensiones de entrada. Para comprender mejor su funcionamiento se recomienda acudir a su datasheet, disponible en la web de Dallas Semiconductores o Texas Instruments.

Por otro lado, se tiene un potenciómetro de resistencia interna 100 k Ω , el cual se encarga de subir o bajar la sensibilidad del propio sensor. En el anexo A se especifica un poco más acerca de los componentes de alguno de los sensores, sus precios y sus especificaciones.

Otro de los diseños de los PCB que se comparten por muchos elementos en el kit de sensores, en este caso mucho más simple es el mostrado como ejemplo en la figura 5 que corresponde a un sensor de inclinación digital.

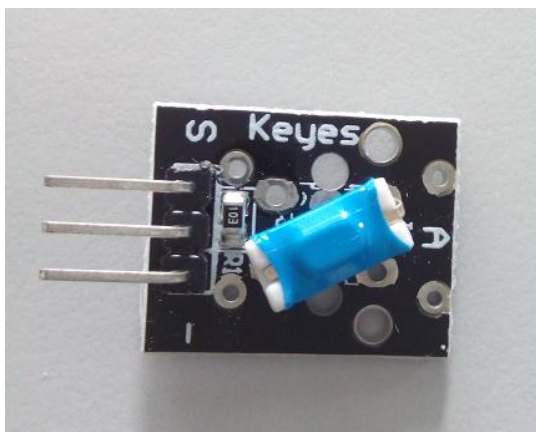


Figura 3.3: Sensor de inclinación digital

Es un diseño dónde solo se tienen los conectores de I/O, el sensor y una resistencia de protección. Este tipo de circuito es también compartido además del sensor de inclinación de mercurio, por sensores como el de temperatura y humedad y el emisor de infrarrojos.

De cara a la fabricación en laboratorio las vías auxiliares sin conexión que el diseñador original estableció no nos interesan. Por tanto, el circuito queda mucho más simplificado como se puede comprobar en el esquemático del sensor de temperatura en el siguiente apartado.

Una vez catalogados todos los sensores, se ha procedido a estudiar algunos de ellos más en profundidad. Especialmente los que tienen el primer diseño (figura 3). Estos son el sensor de llama, un sensor magnético de efecto Hall, un módulo sensor de tacto, un detector de sonido, un micrófono con salidas digital y analógica, un sensor de temperatura y un sensor magnético de caña. Para estos módulos y para el sensor de temperatura con el segundo diseño se ha conseguido reproducir en Altium su esquemático para posteriormente diseñar su PCB y obtener los archivos que permitirían su fabricación (gerber). Este proceso se explicará en los siguientes apartados.

Proceso de reproducción de los módulos

Como ya se ha comentado, partía con total desconocimiento de la aplicación Altium Designer, herramienta informática de uso profesional para el diseño de placas de circuito impreso. Por tanto, antes de ponerse a desarrollar el primer circuito ha sido necesario una fase de aprendizaje para el manejo de la herramienta.

Existe mucha información y tutoriales de Altium en la red, pero para empezar a trabajar con el programa decidí seguir un tutorial al cual se puede acceder desde la página oficial de los desarrolladores: <http://www.altium.com>. Con este tutorial es sencillo aprender a crear un proyecto destinado a fabricar un circuito impreso.

Se parte de un circuito multivibrador astable, y paso a paso se va indicando como incorporar los componentes sobre el diseño esquemático de manera que se pueda llegar a simular antes de pasarlo al layout del PCB.

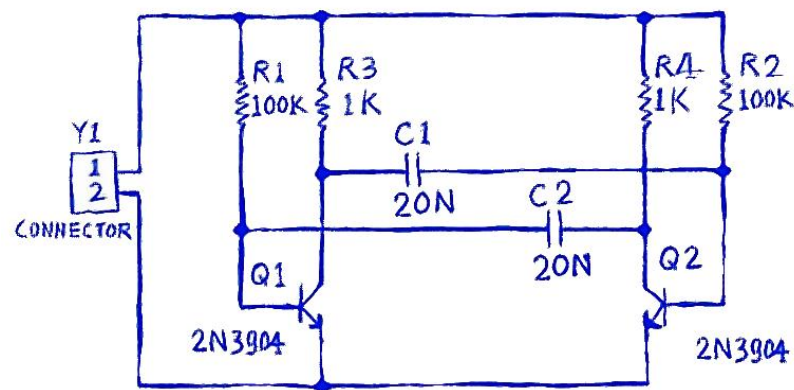


Figura 3.4: Circuito multivibrador

El tutorial profundiza en temas de especial interés como puede ser el diseño de nuestros propios footprints de los componentes. En general, Altium tiene una amplia gama de librerías donde encontrar los componentes más comunes del mercado. Estas pueden ser descargadas desde su página oficial. Pero es recomendable, de cara a un diseño personalizado de circuito, diseñarlos a medida. Siempre y cuando se cumpla con las medidas de los componentes detallados en sus respectivas hojas de características.

Por lo general, los sensores suelen ser de 2 a 3 patas de Through Hole, por lo que se puede jugar bastante con el diseño y el espacio. No así cuando el módulo contiene un comparador LM393, ya que limita bastante la disposición de las pistas sobre las dos caras a implementar.

De cara a reproducir el circuito, ha sido especialmente complicado descubrir las interconexiones del encapsulado del LM393 y el potenciómetro. Al tratarse de un SOIC, algunas de las pistas se encuentran encubiertas y se hace obligatorio comprobar mediante un polímetro las conexiones entre pines. Esta tarea es delicada debido a que los módulos tienen un tamaño medio de 3x2cm.

Ya que la reproducción de los 37 sensores no es el objetivo de este trabajo, se ha procedido a trabajar sobre algunos de especial interés, llegando a obtener los archivos gerber que permitirían su fabricación:

Módulo: Sensor de llama

Descripción:

Sensor para longitudes de onda de fuego entre 760 nm y 1100 nm: luz infrarroja. Utiliza un comparador de tensiones LM393 con bajo offset y una ganancia de tensión de 200V/mV en un tiempo de respuesta de 1.3 μ s.

Función:

El módulo tiene dos salidas: AO (analógica) y DO (digital).



Figura 3.5: Sensor detector de llama

La salida devuelve una señal de voltaje en tiempo real sobre la resistencia térmica.

Cuando la llama alcanza un cierto umbral, envía un valor alto o bajo, ajustable mediante potenciómetro. La llama de un mechero es suficiente para activarlo. Sin embargo, hay que tener en cuenta que en un entorno de mucha iluminación con este módulo podría haber problemas para percibir con exactitud una llama.

En este caso se ha programado mediante Arduino para establecer 3 estados posibles:

- Idle (no hay fuego)
- Fuego cercano, menos de 50cm (led Rojo activado).

- Fuego lejano entre 50 y 150cm (led amarillo activado).

Composición:

El sensor está compuesto por:

- 1 Potenciómetro
- 6 resistencias SMD: 2 Resistencias de 1 k Ω , 2 de 100 k Ω , 1 de 10 k Ω y otra de 150 Ω
- 2 Diodos LED SMD
- 1 comparador LM393
- 1 sensor de luz infrarroja
- 4 conectores

Proceso de replicación en Altium

Para el diseño del circuito esquemático se ha procedido a estudiar detenidamente el sensor. Se ha tenido especialmente cuidado con las pistas ocultas bajo el LM393. No es posible establecer las conexiones sin consultar el datasheet de este componente.

Dado que Altium no dispone de librerías de componentes tan específicas como las que se necesitan para este tipo de sensores, es necesario en algunos casos diseñar nuestros propios componentes con sus respectivos footprints. Esto a la hora de pasar el circuito a diseño de PCB es una ventaja. Por otro lado, también existe la posibilidad de a partir de un componente existente asociar un nuevo footprint que nos interese. En este caso en concreto del sensor de fuego, ha sido necesario diseñar los 4 conectores de la entrada, el LM393 y los footprint del sensor de llama y el potenciómetro.

Tanto los diseños esquemáticos de los componentes como sus respectivos footprint tienen una interfaz similar de desarrollo en Altium. De manera general, para establecer un nuevo componente se añade un documento de librería esquemático y otro de librería PCB. Para no cometer errores es importante definir su mapeado para que no haya problemas a la hora de asociarlos.

Esquemático:

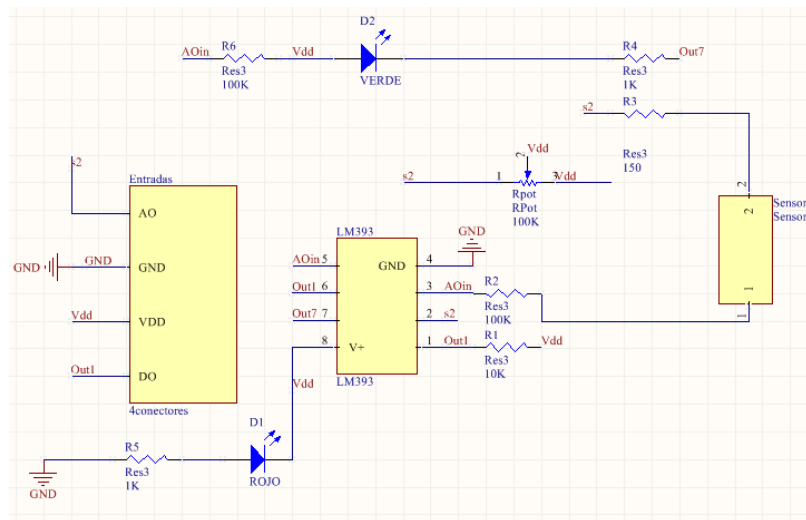


Figura 3.6: Esquemático del sensor llama

Las conexiones del LM393 son las que pueden llevar con más probabilidad a error. El pin 8 tiene que estar alimentado por una tensión entre 3.3V y 5V, que por lo general será 5V si conectamos el módulo a la placa de Arduino. Los pines 2 y 6 quedarán sin conectar.

El Led 2, será el que marque si el sensor está percibiendo el fuego iluminándose en tal caso. Por lo tanto, irá conectado a la pista que sale del pin 7 del comparador.

El sensor infrarrojo se puede diseñar en una librería personalizada de manera que para los dos pines *through hole* tengamos una disposición cómoda y que facilite la soldadura.

PCB:

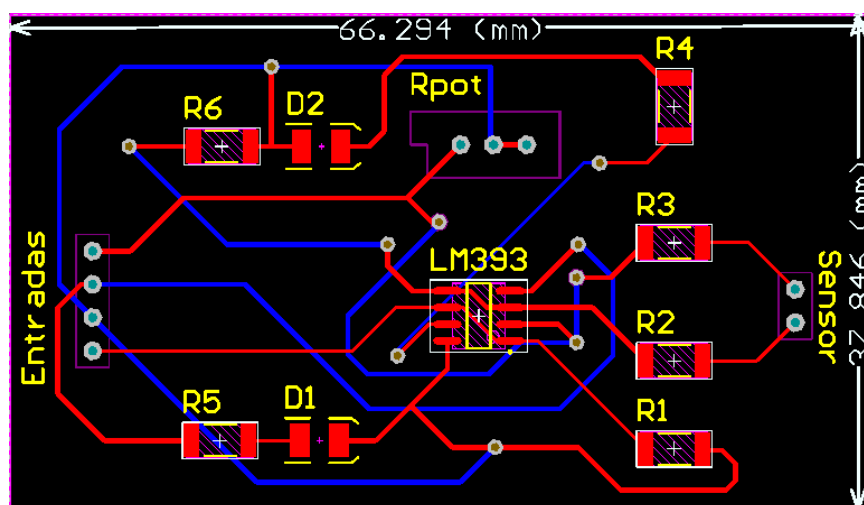


Figura 3.7: PCB del sensor llama

Finalmente, queda un diseño de aproximadamente 6x4cm, un poco más grande de lo que son los diseños originales de nuestro kit, pero bastante reducidos.

Gerbers:

A la hora de fabricar se exportarán los archivos Gerber de las caras del PCB que no interesan. Para este caso del sensor de llama son necesarios los Gerber de la capa *Top*, la capa *Bottom*, los *drills* y la serigrafía.

Módulo: Sensor de temperatura

Descripción:

Módulo Sensor para la medición de la temperatura. Utiliza un DS18B20 de Dallas Semiconductor® ([DS18B20](#)), termómetro digital que ofrece lecturas de 9 a 12 bits configurables en grados Celsius.

Función:

El módulo tiene 3 pines. Salida, alimentación (+5V) y tierra. La información la envía a través de una única salida digital. En función de lo que se programe en Arduino se pueden alcanzar precisiones de hasta $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

- Rango de Voltaje: 3.0 V ~ 5.5 V
- Rango de Temperatura en C°: -55°C ~ $+125^{\circ}\text{C}$
- Rango de Precisión: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$

Composición:

El sensor está compuesto por

- 1 DS18B20
- 1 Resistencia SMD de 4.7K Ω .
- 1 Diodo LED.
- 3 conectores

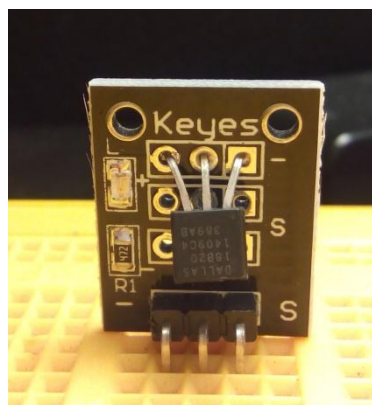


Figura 3.8: Sensor de temperatura

Proceso de replicación en Altium

Para el diseño del circuito esquemático se ha procedido a estudiar detenidamente el sensor. En este caso las conexiones más complicadas de ver han sido las que unen el DS18B20 con los conectores. El encapsulado para el sensor en este caso es un TO-92, para el cual se han modificado los tamaños de los agujeros a 30mils.

Esquemático:

Al contrario que para el caso anterior, este circuito es muy sencillo y permite ajustarlo a nuestro antojo.

En la librería Miscellaneous de Altium encontramos varios componentes con un footprint como el que necesitamos para el DS1820: TO-92. Si fuera necesario, es posible modificarlos manualmente creando de nuevo una librería propia. De hecho, si no nos interesa tener la serigrafía que delimita el componente sobre el PCB, basta con eliminar esa capa del diseño.

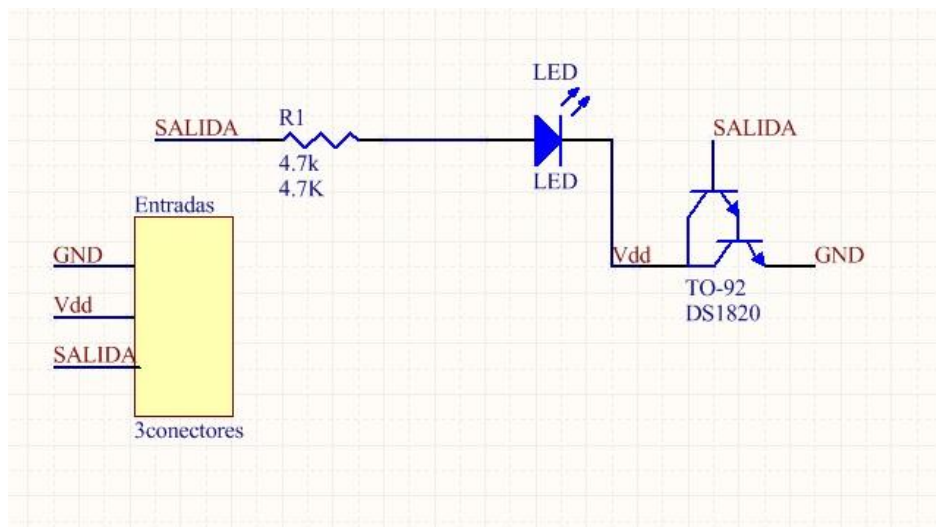


Figura 3.9: Esquemático del sensor de temperatura

PCB:

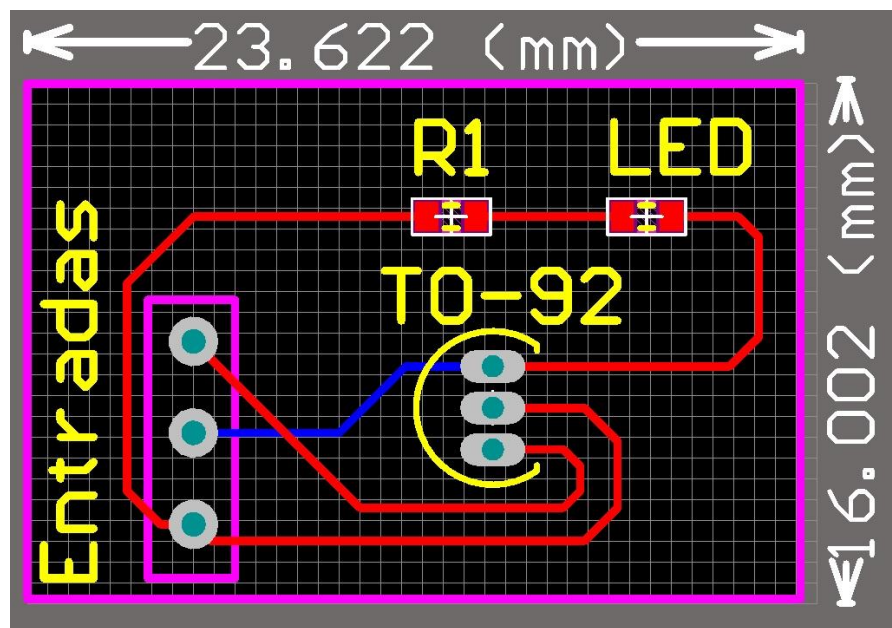


Figura 3.10: PCB del sensor de temperatura

Resultados

Con los 2 PCB diseñados, cubrimos 8 sensores del kit:

- Sensor de llama
- Sensor magnético de caña ajustable
- Sensor Hall ajustable
- Sensor de temperatura
- Sensor micrófono sensible
- Sensor micrófono
- Sensor de tacto
- Sensor de temperatura DS18B20

El diseño del sensor de llama es idéntico para los 7 primeros.

En el caso del sensor de temperatura es prácticamente idéntico al de muchos de los sensores que hay en el kit, sin embargo, las conexiones de pistas no son las mismas y se incorporan nuevos elementos como resistencias SMD o leds.

Los tamaños de los PCB que he obtenido, en comparación con los originales son razonablemente pequeños. He podido comprobar que dedicando bastante tiempo a la disposición de las pistas sobre el layout de Altium, se pueden conseguir tamaños aún más reducidos.

Además, he realizado pruebas con Arduino para los dos sensores que se han tratado más a fondo durante el trabajo. Para las conexiones con la placa de Arduino es necesario disponer de cableado de puente macho a hembra para enlazar los conectores de los módulos.

Estas pruebas han consistido en la verificación del funcionamiento de los sensores mediante código Arduino (Anexo B).

Para el sensor de llama he probado a cambiar la sensibilidad y jugar con las distancias de detección de la llama consiguiendo resultados bastante buenos en entornos donde la iluminación no era excesivamente determinante. Se consiguen detecciones hasta un límite de 1.5 metros desde la posición del sensor a la llama.

Con el sensor de temperatura, de igual manera, a partir del código y la interfaz del propio programa, he hecho pruebas para verificar distintas mediciones de temperatura en un entorno cerrado. Obteniendo diferentes temperaturas con una precisión de 2 decimales y comparándolas con una estación climatológica profesional de Oregon de la que disponía en casa, he verificado que las temperaturas eran correctas.

Dedicación y Conclusiones

Tabla de horarios

En la siguiente tabla se establecen los tiempos aproximados de dedicación a este trabajo:

Tarea	Horas estimadas
Búsqueda bibliográfica y de información sobre sensores electrónicos para Arduino	40
Interpretación de los diseños de los circuitos de los módulos más relevantes	25
Aprendizaje de la herramienta Altium Designer	80
Diseño de circuitos en Altium	125
Pruebas sobre alguno de los sensores	10
Escritura de la memoria	80
Tutorías para resolver dudas	5
TOTAL	365

Tabla 4.1: Horas dedicadas al trabajo

Conclusiones

Se partía de un kit de 37 sensores de los que no se tenía ningún tipo de información. El trabajo se inició investigando sobre la circuitería utilizada en este tipo de sensores y el funcionamiento al conectarlos a una placa de Arduino. Para ello se disponía de los dos programas necesarios para llevar este acometido: Altium Designer y el software de licencia libre Arduino.

Tras identificarlos y realizar un reconocimiento de sus componentes, se ha conseguido reproducir alguno de los diseños más interesantes en Altium. Para ello, fue necesario aprender desde cero a utilizar la herramienta.

Desde un principio, el tutor y yo nos propusimos identificar y comprender el funcionamiento de la mayor cantidad posible de sensores del kit que fuera posible. Tras estos meses de estudio, he podido documentarlos todos. Sin embargo, la reproducción de todos hubiera sido una tarea excesivamente larga y que personalmente no me hubiera aportado nada más. Con la reproducción de dos de los diseños más comunes e importantes del kit, he podido aprender a manejar Altium, Arduino y entender las características fundamentales de los circuitos en el ámbito académico y de la robótica.

Además, se ha demostrado que con un presupuesto ajustado es posible diseñar este tipo de circuitos en los laboratorios de la Escuela Politécnica.

Referencias

- [1] <http://www.altium.com>
- [2] <http://www.youtube.com>
- [3] <http://www.ti.com>
- [4] <http://www.learningaboutelectronics.com>
- [5] <http://soloarduino.blogspot.com.es>
- [6] <https://es.scribd.com>
- [7] <http://robots-argentina.com><http://wiki.robotica.webs.upv.es/wiki-de-robotica/sensores>
- [8] <https://www.arduino.cc>
- [9] <https://l3.cdnwm.com>
- [10] <http://www.univerano.ua.es>
- [11] <http://instrumentacionunillanos2014.blogspot.com.es>
- [12] <http://www.digikey.com>
- [13] <http://es.rs-online.com/web>
- [14] <http://es.farnell.com>
- [15] <http://www.alldatasheet.com>
- [16] <http://www.fceia.unr.edu.ar>
- [17] <http://www.prometec.net>

Glosario

PCB	Printed Circuit Board
LED	Light Emitting Diode
SMD	Surface Mount Device
SOIC	Small Outline Integrated Circuit
TFG	Trabajo Fin de Grado
GND	Ground
THT	Through Hole Technology
RGB	Red Green Blue
LDR	Light Dependent Resistor

Anexos

A. Especificaciones de algunos sensores importantes

Nombre del módulo:

Sensor de vibración

Descripción:

Se trata de un detector de vibraciones. Un cilindro exterior permite que el circuito se cierre cuando el muelle que tiene en su interior choca contra la pared del propio tubo.

Función:

El módulo tiene 1 pin de salida y 2 de tensión y GND respectivamente.

En estado de reposo no conduce, pero cuando la fuerza externa logra una vibración adecuada y el sensor está alimentado con 5V desde la placa de Arduino permite la conducción, hasta el momento en el que ésta fuerza desaparece y vuelve a estado de reposo.

- Voltaje máximo: 12V
- Corriente máxima : 20 mA
- Resistencia en reposo (circuito abierto) > 10 Mohm
- Resistencia de detección (circuito cerrado) < 10 ohm
- Rango de temperatura de trabajo: desde -40° hasta 80°C

Composición:

El sensor está compuesto por:

- SW-18015P
- 1 Resistencia SMD de 10KΩ
- 3 conectores macho

Precio de los componentes:

- SW-18015P: 0.40€
- Resistencia SMD de 10KΩ: 0.03€
- Conectores macho: 0.035x3 = 0.105€

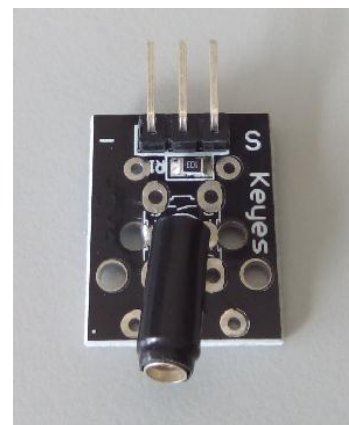


Figura A.1: Sensor de vibración

Nombre del módulo:

Sensor magnético

Descripción:

Se trata de un detector magnético habitualmente conocido como sensor de efecto Hall.

Función:

Si ningún campo magnético está presente delante del sensor, la pista de señal se mantiene en alto (3,5 V). En caso de detectarse campo magnético, la línea de señal pasa a bajo y el LED del sensor se activa.

La aparición de un campo magnético con polaridad opuesta al de la parte trasera del sensor Hall genera la circulación de corriente que activará el LED.

- Tensión de funcionamiento: 5V.
- Consumo de potencia: 3 mA en reposo y 8 mA cuando se activa.

Composición:

El sensor está compuesto por:

- 1 sensor Hall
- 1 Resistencia SMD de 680Ω
- 1 LED SMD
- 3 conectores

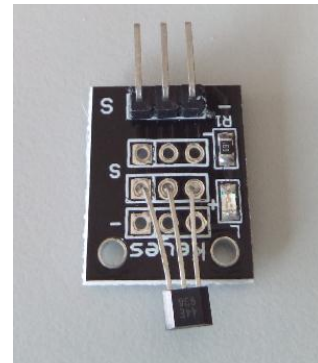


Figura A.2: Sensor de magnético

Precio de los componentes:

- Sensor Hall: 1.15€
- Resistencia SMD: 0.03€
- LED SMD: 0.05€
- Conectores macho: $0.035 \times 3 = 0.105\text{€}$

Nombre del módulo:

Sensor de temperatura y humedad

Descripción:

Se trata de un sensor digital de temperatura y humedad relativa del aire.

Función:

Está calibrado para dar precisiones del orden del 5% en humedad y 2% en temperatura. Trabaja en el rango de 0-50°C y 20-90% de humedad relativa. La señal se genera en uno de sus terminales, el mismo que usa para recibir instrucciones, y esto hace que su integración en cualquier proyecto sea muy sencilla.

Composición:

El sensor está compuesto por:

- 1 DHT11 (sensor de humedad y temperatura)
- 1 resistencia SMD de pull-up.

Precio de los componentes:

- DHT11: 3.33€
- Resistencia SMD: 0.03€
- Conectores macho: $0.035 \times 3 = 0.105\text{€}$

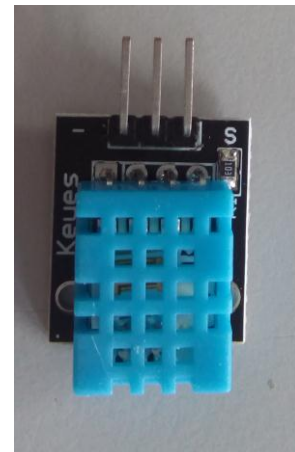


Figura A.3: Sensor de temperatura y humedad

Nombre del módulo:

Sensor de sonido de alta sensibilidad

Descripción:

Detector de sonido con salidas analógica y digital.

Función:

Este sensor es capaz de recoger sonido en una habitación con una alta sensibilidad.

- AO: Salida analógica. Señal de tensión en tiempo real del micrófono.
- DO: Cuando la señal de tensión alcanza cierto umbral, el valor se establece en alto o bajo.

Composición:

El sensor está compuesto por:

- 1 Micrófono condensador omnidireccional.
- 1 Potenciómetro
- 6 resistencias SMD: 2 Resistencias de 1K Ω , 2 de 100K Ω , 1 de 10K Ω y otra de 150 Ω .
- 2 Diodos LED SMD
- 1 comparador LM393
- 4 conectores macho

Precio de los componentes:

- Micrófono condensador: 1.47€
- LM393 SOIC: 0.26€
- 6 resistencias SMD: 0.03x6 = 0.18€
- 2 LED SMD: 0.05x2 = 0.10€
- 1 Potenciómetro 10K Ω : 2.11€
- 4 conectores macho: 0.035x4 = 0.14€



Figura A.4: Sensor de micrófono sensible

Nombre del módulo:

Sensor de contacto táctil

Descripción:

Se trata de un sensor metálico que al detectar contacto deberá encender el led al que está conectado.

Función:

En caso de haber contacto con la pata central del transistor NPN, se produce un cambio en la carga. Esto hará que el led del módulo se ilumine de manera parpadeante debido a la baja frecuencia de la señal emitida (50Hz aproximadamente).

Tensión de funcionamiento: 5V.

Composición:

El módulo está compuesto por:

- 1 Potenciómetro
- 1 transistor NPN MPSA13 TO-92
- 6 resistencias SMD: 2 Resistencias de $1K\Omega$,
- 2 de $100K\Omega$, 1 de $10K\Omega$ y otra de 150Ω .
- 2 Diodos LED SMD
- 1 comparador LM393
- 4 conectores macho

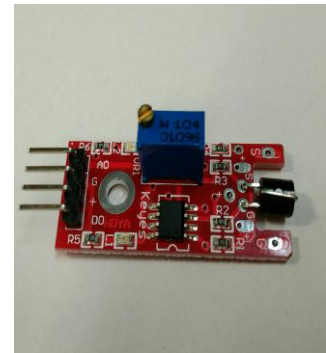


Figura A.5: Sensor de contacto

Precio de los componentes:

- Transistor MPSA13: 0.144€
- LM393 SOIC: 0.26€
- 6 resistencias SMD: $0.03 \times 6 = 0.18\text{€}$
- 2 LED SMD: $0.05 \times 2 = 0.10\text{€}$
- 1 Potenciómetro $10K\Omega$: 2.11€
- 4 conectores macho: $0.035 \times 4 = 0.14\text{€}$

Nombre del módulo:

Sensor de sonido

Descripción:

Se trata de un sensor que percibe variaciones en el volumen del sonido.

Función:

Cuando se da una palmada, un silbido o algún ruido que supere cierto umbral, se deberá encender el led del módulo y devolver un *high* por D0.

Tensión de funcionamiento: 5V-6V.

Composición:

El módulo del sensor está compuesto por:

- 1 Micrófono de condensador Omnidireccional
- 1 Potenciómetro
- 6 resistencias SMD: 2 Resistencias de 1K Ω , 2 de 100K Ω , 1 de 10K Ω y otra de 150 Ω .
- 2 Diodos LED SMD
- 1 comparador LM393
- 4 conectores macho

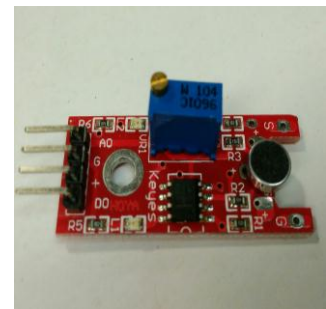


Figura A.6: Sensor de sonido

Precio de los componentes:

- 1 Micrófono -41dB de sensibilidad: 0.79€
- LM393 SOIC: 0.26€
- 6 resistencias SMD: $0.03 \times 5 + 1.168 \text{€} = 1.31 \text{€}$
- 2 LED SMD: $0.05 \times 2 = 0.10 \text{€}$
- 1 Potenciómetro 10K Ω : 2.11€
- 4 conectores macho: $0.035 \times 4 = 0.14 \text{€}$

Nota: El precio de este módulo es más reducido pero por un poco más se pueden encontrar sensores amplificados, en caso de que queramos hacer una medida precisa del sonido. En el kit se dispone de otro módulo idéntico pero con un micrófono de mayor sensibilidad (figura A.4).

Nombre del módulo:

Módulo con sensor emisor y receptor de infrarrojos.

Descripción:

A través de un haz de luz infrarroja que rebote se puede conseguir detectar un obstáculo con el objetivo de evitarlo. El infrarrojo transmisor emite una cierta frecuencia que recibe rebotada el receptor. Contiene 2 potenciómetros para ajustar la sensibilidad.

Función:

Está orientado a la robótica para la evasión de obstáculos. Es un sensor de alta precisión

- Ángulo efectivo: 35°.
- Distancia efectiva de detección: de 2 a 40cm.

Composición:

El módulo está compuesto por:

- 2 Potenciómetros: 1 de 2KΩ y otro de 10KΩ
- 4 resistencias SMD: 2 Resistencias de 2KΩ, 2 de 22KΩ.
- 2 Diodos LED SMD
- 2 condensadores
- 4 conectores macho
- 1 jumper

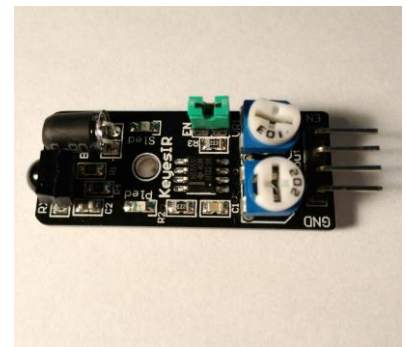


Figura A.7: Sensor de contacto

Precio de los componentes:

- 2 Potenciómetros 10KΩ: $2 \times 0.76€ = 1.52€$
- 4 resistencias SMD: $0.03 \times 4 = 0.12€$
- 2 Diodos LED SMD: $0.05 \times 2 = 0.10€$
- 2 condensadores SMD: $0.024€ \times 2 = 0.048€$
- 4 conectores macho: $0.035 \times 4 = 0.14€$
- 1 jumper: 0.035€

Nombre del módulo:

Módulo de detección de pulso cardiaco.

Descripción:

Este módulo utiliza un led infrarrojo y un fototransistor para detectar el pulso de un dedo. Además es necesario incorporar una resistencia muy alta para favorecer la sensibilidad del fototransistor.

Función:

Mide el pulso cardiaco a través de la iluminación de un led. Un dedo se coloca entre el fototransistor y el led infrarrojo. El fototransistor capta el flujo emitido de manera que cuando la presión arterial varía, la resistencia del fototransistor cambia ligeramente.

Composición:

El módulo está compuesto por:

- 2 resistencias SMD: 10K Ω y 330 Ω
- 1 LED IR
- 1 fototransistor
- 4 conectores macho

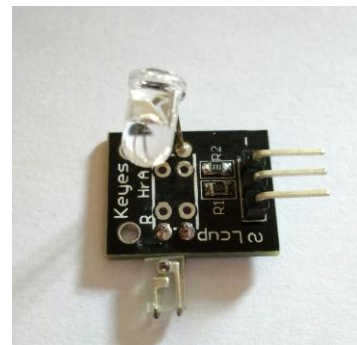


Figura A.8: Sensor de de pulso cardiaco

Precio de los componentes:

2 resistencias SMD: 10K Ω y 330 Ω : 1.168€ + 0.12€ = 1.28€

1 LED IR: 0.94€

1 fototransistor: 1.33€

4 conectores macho: 0.035x4 = 0.14€

B. SENSORES HALL

Descripción:

Miden campos magnéticos. Habitualmente conocidos como sensores de efecto Hall. Es uno de los más utilizados en el ámbito de los sensores electrónicos. El efecto Hall se basa en la aparición de una diferencia de tensión en el interior de un conductor por el que circula una corriente en presencia de un campo magnético con componente perpendicular al movimiento de las cargas.

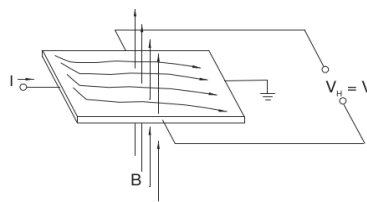


Figura A.9: Efecto Hall

Existen 2 tipos de sensores Hall:

Sensor Hall lineal: La salida de voltaje depende de la densidad de flujo magnético.

Sensor Hall umbral: Por cada flujo de densidad magnética hay una caída fuerte de tensión a la salida.

En el caso de nuestro Kit, disponemos de 3 módulos con sensor Hall lineal.

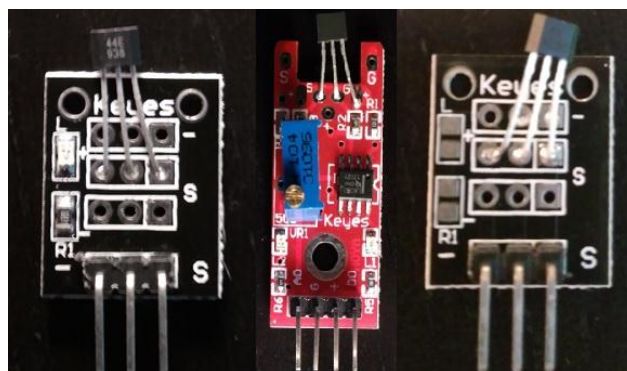


Figura A.10: Sensores Hall

Para el caso del módulo de la izquierda en la figura A.9, el sensor Hall 44E ofrece una salida de tensión en alto cada vez que se detecta un campo magnético. Además el led del propio módulo también se enciende en presencia de dicho campo. Con el módulo del centro de la figura podemos variar la sensibilidad del 44E mediante el potenciómetro. Y

por último con el módulo de clase Bihor y sensor Hall 49E (derecha), tenemos una respuesta analógica gradual con la aplicación de campo magnético que permite determinar la distancia a la que se encuentra.

Para un sensor magnético con salida analógica (49E) tendríamos una respuesta como la de la figura A.10.

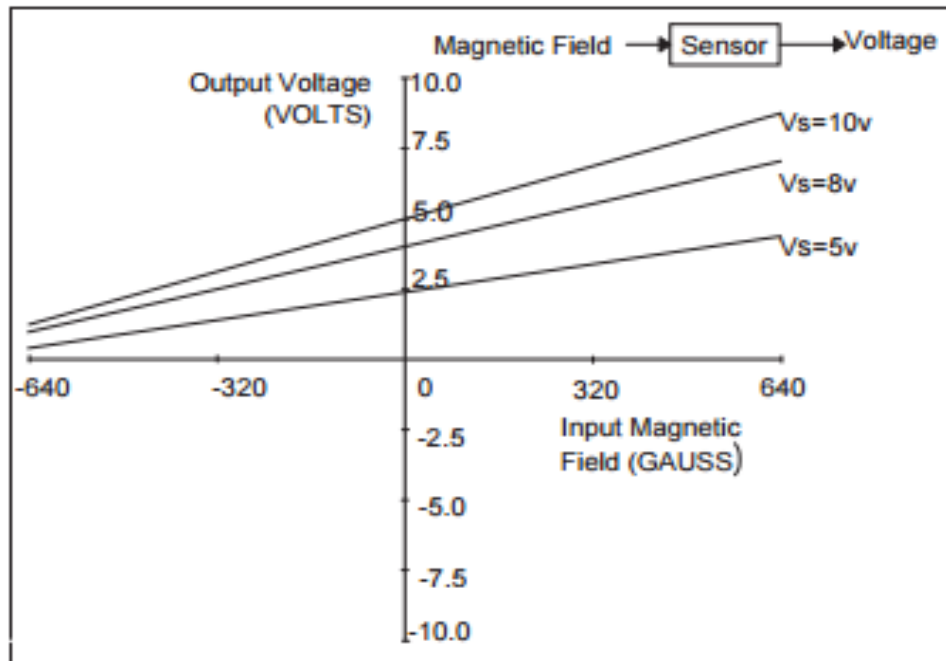


Figura A.11: Salida analógica sensor Hall

Con salida digital, sólo tendremos una respuesta en voltaje de dos estados: alto o bajo, *ON/OFF*.

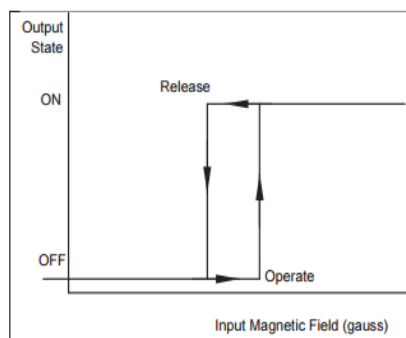


Figura A.12: Salida sensor Hall 44E

Este tipo de transductores tienen una buena sensibilidad, sin embargo, si necesitamos de ellos en atmósferas peligrosas en las que el sensor debe estar más protegido disponemos de los sensores magnéticos Reed Switch con los contactos sellados dentro de un tubo de

vidrio que evita exponer la chispa del contacto. Se dispone de 2 módulos con sensor Reed Switch en el kit.

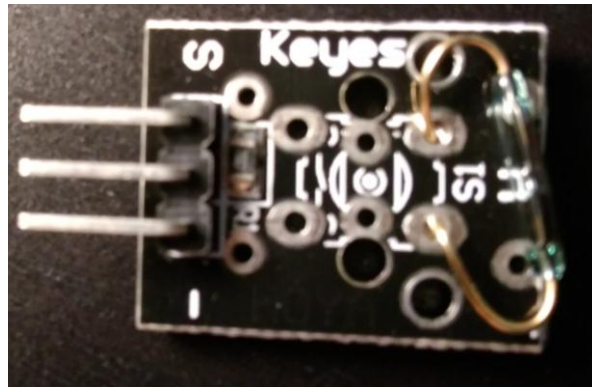


Figura A.13: Sensor Reed Switch

Consisten en un par de contactos ferrosos encerrados al vacío dentro un tubo de vidrio. Cada contacto está sellado en los extremos. El tubo de vidrio puede tener unos 10 mm de largo por 3 mm de diámetro. Al acercarse a un campo magnético, los contactos se unen cerrando el circuito eléctrico. La rigidez de los contactos permite que al desaparecer el campo magnético se separen.

Los Reed Switch se diseñan en base al tamaño del campo magnético frente al que deben actuar. La sensibilidad de sus contactos se cambia al variar la aleación con que se fabrican, modificando su rigidez y su coeficiente magnético.

Características eléctricas sensor efecto Hall:

- Temperatura de operación: -40 a 85°C
- Intensidad de salida: 1.5mA @ 12V
- Voltaje de alimentación: 5 a 16V

Aplicaciones:

Algunas aplicaciones comunes de estos sensores se encuentran en la automoción o en el ámbito de las telecomunicaciones. Por ejemplo, aplicaciones con sensores magnéticos de salida digital para calcular la velocidad de un vehículo desde las ruedas, o si un teléfono está descolgado.

Entre otras cosas, son muy utilizados porque tienen una alta esperanza de vida, amplio rango de temperatura de trabajo y alta velocidad de operación (sobre 100KHz).

C. Código en Arduino

Sensor de Llama:

```
// Lecturas mínimas y máximas del sensor:
const int sensorMin = 0;      // lectura mínima
const int sensorMax = 1024;   // lectura máxima
// Pin digital al que conectamos el LED ROJO
int ledRojo = 8;
int ledAmarillo = 7;

void setup() {
  // Inicialización del puerto serie a @ 9600 baud:
  Serial.begin(9600);
  // Configuración de los pines 7 y 8 como salida
  pinMode(ledRojo, OUTPUT);
  pinMode(ledAmarillo, OUTPUT);
}

void loop() {
  // Leer el sensor en el pin A0:
  int sensorReading = analogRead(A0);
  // Mapeamos el rango del sensor (4 opciones):
  // Función: 'long int map(long int, long int, long int, long int, long int)'
  int range = map(sensorReading, sensorMin, sensorMax, 0, 3);

  // Valores del rango:
  switch (range) {
    case 0:    // No se ha detectado fuego.
      Serial.println("No hay fuego");
      // Desactivamos el pin 8 (0V)
      digitalWrite(ledRojo, LOW);
      digitalWrite(ledAmarillo, LOW);
      break;
    case 1:    // Se detecta fuego entre 50cm y 1 metro de distancia.
      Serial.println("* Fuego distante *");
      // Activamos el pin 8 (+5V)
      digitalWrite(ledAmarillo, HIGH);
      digitalWrite(ledRojo, LOW);
      break;
    case 2:    // Fuego cercano, a una distancia de aproximadamente de 50cm.
      Serial.println("* Fuego cercano *");
      // Activamos el pin 8 (+5V)
      digitalWrite(ledRojo, HIGH);
      digitalWrite(ledAmarillo, LOW);
      break;
  }
  delay(1); // Pausa entre las lecturas.
}
```

Sensor de temperatura DS1820:

```
#include <OneWire.h>

// Sensor de temperatura DS18S20
OneWire ds(10); // pin 10

void setup(void) {
  // Inicializamos inputs/outputs
  // start serial port
  Serial.begin(9600);
}

void loop(void) {

  //Para la conversión de datos raw a C
  int HighByte, LowByte, TReading, SignBit, Tc_100, Whole, Fract;

  byte i;
  byte present = 0;
  byte data[12];
  byte addr[8];

  if ( !ds.search(addr)) {
    Serial.print("No more addresses.\n");
    ds.reset_search();
    return;
  }

  Serial.print("R=");
  for( i = 0; i < 8; i++) {
    Serial.print(addr[i], HEX);
    Serial.print(" ");
  }

  if ( OneWire::crc8( addr, 7) != addr[7]) {
    Serial.print("CRC is not valid!\n");
    return;
  }
}
```



```

if ( addr[0] == 0x10) {
    Serial.print("DS18S20\n");
}
else if ( addr[0] == 0x28) {
    Serial.print("DS18B20\n");
}
else {
    Serial.print("No se reconoce el dispositivo: 0x");
    Serial.println(addr[0],HEX);
    return;
}

ds.reset();
ds.select(addr);
ds.write(0x44,1); // Conversión inicial
delay(1000);

present = ds.reset();
ds.select(addr);
ds.write(0xBE);

Serial.print("P=");
Serial.print(present,HEX);
Serial.print(" ");
for ( i = 0; i < 9; i++) { // 9 bytes
    data[i] = ds.read();
    Serial.print(data[i], HEX);
    Serial.print(" ");
}
Serial.print(" CRC=");
Serial.print( OneWire::crc8( data, 8), HEX);
Serial.println();

```

```

//Conversion de datos raw a C
LowByte = data[0];
HighByte = data[1];
TReading = (HighByte << 8) + LowByte;
SignBit = TReading & 0x8000;
if (SignBit)
{
    TReading = (TReading ^ 0xffff) + 1;
}
Tc_100 = (6 * TReading) + TReading / 4;

Whole = Tc_100 / 100;
Fract = Tc_100 % 100;

if (SignBit) // Si es negativa
{
    Serial.print("-");
}
Serial.print(Whole);
Serial.print(".");
if (Fract < 10)
{
    Serial.print("0");
}
Serial.print(Fract);

Serial.print("\n");
}

```

D. Pinout, mechanical data y huella del LM393

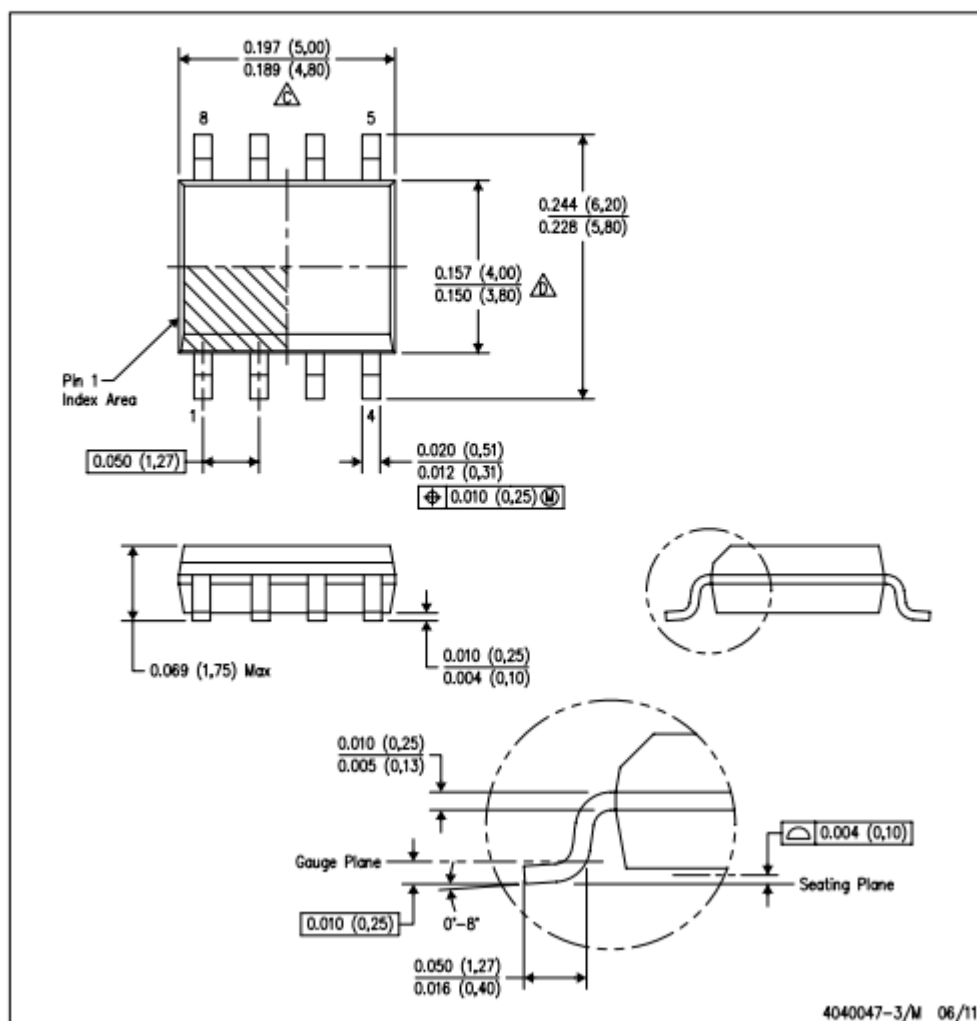
Pin Functions

PIN			I/O	DESCRIPTION
NAME	NO.			
	PDIP/SOIC/ TO-99	DSBGA		
OUTA	1	A1	O	Output, Channel A
-INA	2	B1	I	Inverting Input, Channel A
+INA	3	C1	I	Noninverting Input, Channel A
GND	4	C2	P	Ground
+INB	5	C3	I	Noninverting Input, Channel B
-INB	6	B3	I	Inverting Input, Channel B
OUTB	7	A3	O	Output, Channel B
V+	8	A2	P	Positive power supply

MECHANICAL DATA

D (R-PDSO-G8)

PLASTIC SMALL OUTLINE



4040047-3/M 06/11

8-Pin CDIP, PDIP, SOIC P and D Package Top View

